



УДК 621.165.73

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ТУРБИНЫ ТЕСЛА TESLA TURBINE EFFICIENCY EVALUATION

Шутов Андрей Дмитриевич, магистрант каф. «Атомные станции и возобновляемые источники энергии», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: Andrew_Shutoff@mail.ru, Тел.: +7(906)803-13-26

Радченко Руслан Васильевич, старший преподаватель каф. «Атомные станции и возобновляемые источники энергии», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: rurad@mail.ru. Тел.: +7(919)396-88-50

Andrey D. Shutov, Master student, Department «Nuclear Energy and Renewable Energy Sources», Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira street, 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: Andrew_Shutoff@mail.ru Ph.: +7(906)803-13-26

Ruslan V. Radchenko, Senior Lecturer, Department «Nuclear Energy and Renewable Energy Sources», Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira str., 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: rurad@mail.ru. Тел.: +7(919)396-88-50

Аннотация: Безлопастная турбина Тесла отличается от традиционных турбин механизмом передачи энергии на рабочий вал. Турбина не имеет лопаток и, как следствие, недостатков, возникающих при таком техническом решении. Турбина состоит из набора гладких дисков, в котором рабочий газ движется к внутреннему краю диска. Газ вращает диск посредством адгезии пограничного слоя и вязкого трения, замедляется, передавая энергию. В статье рассмотрены влияния различных параметров на эффективность работы турбины, практические разработки. Оценена возможность создания эффективной турбины.

Abstract: The Tesla bladeless turbine differs from traditional turbines by the mechanism of energy transfer to the working shaft. The turbine does not have blades and flaws that arise with such a technical solution. The turbine consists of a set of smooth discs in which the working gas moves to the inner edge of the disk. Gas rotates the disk through adhesion of the boundary layer and viscous friction, slows down when transferring energy. The influence of various parameters on the efficiency of the turbine operation, practical developments is considered in the article. The possibility of creating an efficient turbine is estimated.

Ключевые слова: турбина; преобразование энергии; вязкость; эффективность;

Key words: turbine; energy conversion; viscosity; efficiency;

ТУРБИНА ТЕСЛА

В считающихся сегодня традиционными, лопастных турбинах струя рабочего тела воздействует на лопатки, закреплённые по окружности ротора, и приводит их в движение. Такие турбины применяются в качестве привода электрического генератора на тепловых, атомных и гидроэлектростанциях.

Турбина Тесла — безлопастная центробежная турбина, запатентованная Николой Тесла в 1913 году, схема турбины приведена на рисунке 1. Её часто называют безлопастной турбиной, поскольку в ней используется эффект пограничного слоя, а не давление жидкости или пара на лопатки, как в традиционных турбинах.

В практическом применении механической энергии, основанном на использовании жидкости

как среде, передающей энергию, было замечено, что для достижения большей экономии, изменения в скорости и направлении движения жидкости должны быть постепенными. В существующих формах и аппаратах резкие изменения, вибрации, заторы неизбежны. Кроме того, гидравлические устройства, такие как поршни, лопасти, лопатки имеют различные дефекты и дороги в изготовлении и обслуживании. Применение безлопастной турбины позволит победить отрицательные эффекты передачи и преобразования механической энергии посредством жидкости более экономичным и простым способом. При этом используется способ движения рабочего тела натуральным путём с минимальным сопротивлением, свободным от возмущений, которые возникают в лопатках и лопастях подобных устройств, и способом изменения

скорости и направления движения без потерь, пока рабочее тело передаёт энергию.

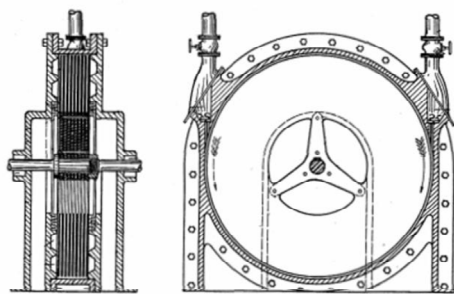


Рис. 1. Первоначальная схема турбины Тесла [1]

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ РАБОТЫ ТУРБИНЫ ТЕСЛА

Существует ряд исследований позволяющих делать определённые выводы об эффективности работы турбины, влиянии геометрических и иных параметров на её эффективность. Многие из этих работ ограничивают своё применение из-за лежащих в их основе предположений, связанных с потоком. В большинстве случаев предполагается, что ламинарный поток значительно упрощает математику, позволяя описывать поток с помощью линейных дифференциальных уравнений в частных производных. Как правило, эти допущения и анализ могут применяться только в ситуациях с небольшими изменениями давления в турбине. Несмотря на то, что на практике реализовать такие условия возможно, однако для того чтобы при этом достичь высокого уровня вырабатываемой мощности (в кВт), необходимо было бы создавать громоздкие установки, которые были бы в состоянии выдерживать большой расход при сохранении условий ламинарного потока.

В экспериментальном исследовании дисковой микротурбины Давыдова А. Б., Шерстюка А. Н., Наумова А. В. [2] были получены важные экспериментальные данные о влиянии геометрических и режимных параметров на эффективность дисковой микротурбины.

Влияние радиального зазора. Влияние радиального зазора Δ между выходными кромками сопловых лопаток направляющего аппарата и рабочим колесом исследовали, изменяя его от 0,1 мм до 1,5 мм через каждые 0,2 мм при $\Pi = 1,5-3$ ($\Pi = P_0/P_2$ – степень расширения). При всех значениях Π по мере увеличения относительного зазора $\Delta' = \Delta/d_1$ от 0,002 до 0,35 отмечено резкое уменьшение относительного КПД η_s с 1 до 0,3 [2].

Степень парциальности. Для изменения степени парциальности дисковой турбины варьировали

как количество сопел, так и высоту горла сопел. Степень парциальности

$$\varepsilon = \frac{az_c}{\pi d_1 \sin \alpha_1} \quad (1)$$

(где a – высота горла направляющего аппарата; z_c – число сопел направляющего аппарата; α_1 – угол установки сопла) изменяли, варьируя значения z_c и a . Увеличение ε за счет увеличения числа z_c лишь незначительно повышает эффективность турбины. Максимум КПД был достигнут при $\varepsilon = 0,06$ для $z_c = 6$ и дальнейшее снижение ε до 0,03 снизило КПД дисковой микротурбины всего на 10% (относительных). Вместе с тем известно, что снижение ε до 0,1 в радиально-осевой турбине приводит снижению η_s более чем в два раза [4]. Таким образом дисковые турбины весьма эффективны при очень малой степени парциальности (в данном случае $\varepsilon = 0,03 - 0,06$), что выгодно отличает их от турбин других типов [2].

Количество дисков. Увеличение числа дисков рабочего колеса приводит к повышению эффективности микротурбины независимо от величины зазора между дисками и типа направляющего аппарата. Вместе с тем установлено, что при постоянном числе дисков изменение зазора между ними приводит к изменению эффективности микротурбины. Так при уменьшении зазора между дисками до определённой величины наблюдается повышение эффективности микротурбины, однако дальнейшее уменьшение зазора приводит к снижению ее эффективности [2].

Вид и расположение выпускных отверстий. Выход воздуха из рабочего колеса дисковой микротурбины может осуществляться либо через несколько отверстий, расположенных вокруг центра дисков рабочего колеса, либо через одно центральное отверстие. Установлено, что при прочих равных условиях наибольшая эффективность дисковой микротурбины достигается при организации центрального выхода потока из рабочего колеса.

В ходе экспериментов исследовалось влияние параметра $\frac{u_1}{c_0}$ (здесь u_1 – окружная скорость колеса; c_0 – скорость воздуха на выходе из направляющего аппарата), который является одним определяющих критериев подобия любой турбины. Оптимальное значение параметра $\frac{u_1}{c_0}$ зависит от совершенства проточной части и в наших экспериментах колебалось от 0,33 до 0,47. По мере уменьшения потерь в проточной части оптимальные значения параметра $\frac{u_1}{c_0}$ сдвигаются в большую сторону [2].

Исследовательская работа Пешлака А. показывает, что Турбина Тесла является универсальным первичным двигателем, способным производить энергию из ряда рабочих тел. Конструкция турбины в этой работе не была оптимизирована, но эффективность турбины ротора и мощности были представлены для двух различных сопел, используемых в испытаниях. Эксперименты подтвердили, что КПД турбин может превышать 30%. Оцененная эффективность ротора 90-95% также была достигнута при определенных предположениях. Было установлено, что турбулентность в потоке необходима для достижения высокой выходной мощности и высокой эффективности. Норс Р.С. указал, что вокруг края турбинных дисков может существовать «турбулентная полоса», которая отвечает за основную часть выходной мощности для турбины. П. Лэмпарт и другие также заявляют о возможности существования этих «турбулентных полос»[3].

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ

В настоящее время турбины Тесла не имеют распространения в промышленных масштабах, но существуют люди, планирующие дать толчок развитию турбомашинам Тесла, которые проектируют и эксплуатируют агрегаты. Нет сомнений, что многие результаты проведенных исследований не публикуются. Достоверные экспериментальные результаты трудно найти потому, что самих экспериментальных данных имеется крайне ограниченное количество. Предполагается, что это связано с тем, что наибольший интерес к разработке турбины Тесла связан с желанием коммерциализировать турбину Тесла, тем самым искажая экспериментальную информацию. Большинство доступных данных демонстрируют малую мощность, обычно в масштабе 10 ватт. Хойя и Гуха сообщают, что хотя Тесла сообщил о выходных мощностях до 200 л.с., современные установки дают, как правило, менее 2 л.с. [4]. Таким образом, этот объем информации недоступен для исследователей. Большинство турбин Тесла разработаны благодаря интуиции, простых вычислений или опыта. Вследствие этого существует огромный разброс данных по эффективности турбины.

Большинство теоретических исследований указывают на то, что турбина Тесла имеет высокий турбинный КПД ротора (до 95%), но велики потери в соплах и выхлопе - расчёты показывают возможный турбинный КПД в районе 60-65%. Большая часть лабораторных исследований по турбине Тесла показывали турбинную эффективность в пределах от 25 до 50%. Для сравнения, современные активные и реактивные турбины имеют 80-85% турбинного

КПД. Таким образом, стоит общая задача повысить турбинный КПД.

Среди отечественных разработок можно выделить «Фонд возрождения технологий Николы Тесла», который конструирует и проводит опыты агрегатов, основанных на разработках изобретателя: безлопастная дисковая турбина, безлопастной дисковый насос и др. На рисунке 2 изображена фотография сконструированной турбины Тесла.

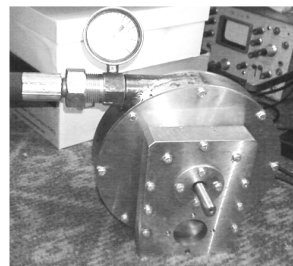


Рис. 2. Собранная безлопастная турбина[5]

Результаты исследований «Фонда возрождения технологий Николы Тесла»: турбина массой 17 кг состояла из 21 диска диаметром 186 мм. В качестве рабочего тела был использован аргон, давление которого перед соплом составляло 9-11 атмосфер. Разгон ротора до 3000 оборотов составил 4 секунды, до 10000 оборотов – 17 секунд. Относительный КПД составил 49%[5].

На кафедре АСиВИЭ, УрФУ также была разработана и изготовлена физическая модель турбины Тесла. Модель описана в статье Кубатуллина С.Б., Радченко Р.В., «Разработка и изготовление физической модели турбины Тесла» данного сборника. Собранная турбина показана на рисунке 3.



Рис. 3. Рабочий макет безлопастной турбины

Так как возможность создания рабочего макета безлопастной турбины в условиях простейших технических возможностей установлена и показана следующей частной задачей, рассматриваемой в данной работе, является оценка возможности создания эффективной турбины в этих же условиях. Поскольку именно простота конструкции и изготовления является одним из основных преимуществ турбины Тесла.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Были проведены испытания сконструированной турбины. Получена мощность 10 Вт. На рисунке 4 изображена схема проведения измерений, на рисунке 5 - нагрузочная характеристика двигателя.

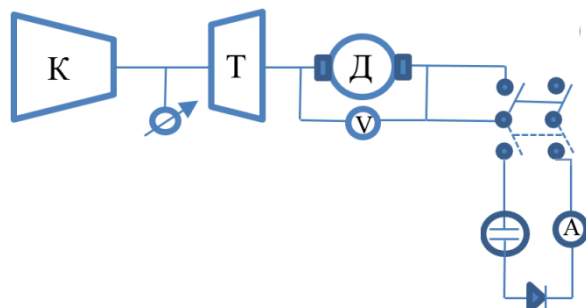


Рис. 4. Схема проведения измерений

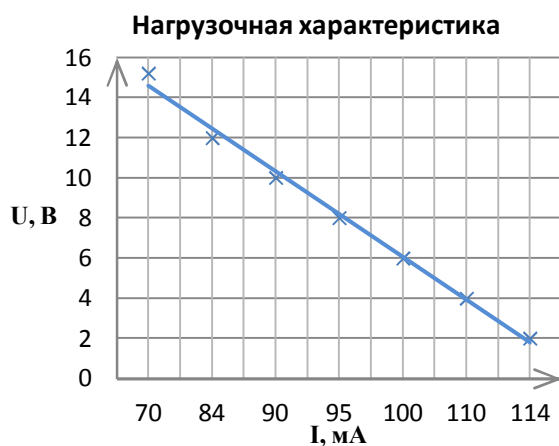


Рис. 5. Нагрузочная характеристика двигателя

Небольшое значение выходной мощности обусловлено низким перепадом давления и низкой производительностью компрессора. При увеличении перепада давления можно достичь мощности порядка 100 Вт. Как было отмечено выше, в данной установке рабочим телом является сжатый воздух. Ещё больше повысить значение выходной мощности можно, применив в качестве рабочего тела не воздух, а воду при этом несколько модернизировав конструкцию турбины. В этом случае, значение выходной мощности уже будет измеряться в киловаттах. Таким образом, можно сделать вывод о возможности создания эффективной турбины Tesla в условиях простейших технических возможностей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Патент США №1,061,206., 1913г. Турбина / Тесла Н.
2. Давыдов А. Б., Шерстюк А. Н., Наумов А. В. Экспериментальное исследование дисковой микротурбины. Вестник машиностроения — 1980.— №8.
3. Пешлакай А. Универсальность турбины Тесла: различные рабочие тела и характеристики турбины: тезисы диссертации Пешлакай А. — Аризона, 2012. – С. 1-44.
4. Гойя Г., Гуха А. Конструкция испытательной установки и исследование производительности и эффективности дисковой турбины Тесла. // Журнал энергетики и энергетики, 2009.— №223. – С. 451-465.
5. Безлопастная дисковая турбина, или роторный двигатель Николы Тесла // Teslatech.com.ua: Фонд возрождения технологий Николы Тесла.